



CiAl Consorzio
Imballaggi
Alluminio

SEPARATORI A CORRENTI INDOTTE

*GUIDA ALLA SCELTA DEI SEPARATORI A
CORRENTI INDOTTE*

Studio realizzato da:

MALAMAN C.T.C. S.R.L.
CONSTRUCTION TRADING CONSULTING

Indice

1. Brevi Cenni	3
2. Effetti delle Correnti Indotte sui vari Metalli Non Ferrosi	4
2.1 Natura del metallo Non-Fe da separare	4
2.2 Pezzatura e Peso del metallo Non-Fe da eiettare	5
3. Frequenza ed energia delle correnti indotte, ottimizzazione	6
3.1 Energia dei magneti che generano le correnti di Foucault.....	6
3.2 Frequenza delle correnti di Foucault.....	7
4. Separatori ad Induzione	9
4.1 Rullo Concentrico – Eddy Current Separators (ECS).....	9
4.2 Rullo Concentrico – Con nastro ad incidenza variabile.....	11
4.3 Rullo Eccentrico – Eccentric Induction Separators (ER)	11
6. Applicazioni in Impianto	13
6.1 Raccolta indifferenziata, TMB e simili	13
6.2 Raccolta differenziata, multimateriale leggero	16
6.3 Raccolta differenziata, multimateriale pesante	17
6.4 Preselezione del vetro e preparazione del Pronto Forno	18
6.5 Raccolta differenziata plastica bottiglie PET, film, plastica rigida.....	20
6.6 Raccolta differenziata legno ed ingombranti	22
7. Valorizzare ceneri pesanti da Termovalorizzatori	23
8. Conclusioni, Breve riassunto	25

Introduzione

Quest'opera non è un trattato scientifico, né un trattato di politica ambientale, ma soltanto una piccola guida che raccoglie oltre quattro decenni d'esperienza "sul campo", quindi a stretto contatto con i gestori degli impianti; conoscendone necessità, valori, evoluzione etc.

Questa guida è stata pensata per gli operatori del settore del recupero dei metalli ed in particolare dei metalli non-ferrosi, tra i quali, l'alluminio nelle varie sue forme e leghe, è sicuramente il più presente.

Per brevità e chiarezza, abbiamo indicato con → AL, il punto dell'impianto dal quale tale materiale esce dal flusso del materiale di processo e con una lettera tra parentesi la qualità del metallo estratto.

Es.: → AL (B) = Punto d'uscita del non ferroso, di qualità medio/alta, appunto, classe B.

Al seguito, viene indicata quale tipologia di macchina è più prestazionale, tra quelle descritte nel **CAP. 4**, con un'indicazione di massima sulla sua taratura.

E' importante per il fruitore di questa guida il comprendere che la separazione di un materiale dall'altro è sempre oggetto di un compromesso, nel senso che si tende dare maggiore qualità al materiale di base del processo sia esso plastica, carta, vetro, legno etc. In questi casi i metalli estratti sono considerati come risultato collaterale del processo e non vengono particolarmente curati sotto l'aspetto qualitativo. D'altra parte, la qualità sempre maggiore richiesta ai materiali di cui sopra, obbliga il gestore dell'impianto ad alzare il compromesso avverso ai metalli.

Es.: In un impianto di riciclaggio di vetro cavo, sarà maggiormente possibile trovare del vetro nell' → AL estratto, piuttosto che il contrario.

1. Brevi Cenni

Le correnti di Foucault, denominato anche correnti parassite, correnti indotte o Eddy Current (vortice di correnti), sono un fenomeno fisico che tutti voi avete visto almeno per una volta; anche se non ve ne siete resi conto. Basti pensare ad un comune piano di cotture ad induzione, o al disco (in Al) che girava nei vecchi contatori di casa per misurare l'energia elettrica, o se siete più moderni, ai sistemi di ricarica delle batterie degli accumulatori delle automobili ibride e nell'attuale tecnica delle auto di F1!

L'ordine scientifico dato a questo fenomeno è accomunato al nome di Michel Foucault, che nel 1855 ne comprese l'andamento, ma con l'esperienza di altri fisici che lo hanno preceduto (Faraday, Lenz), ne ha tracciato le regole fondamentali che a noi interessano:

- ✓ Ogni metallo conduttore posto davanti ad un campo magnetico variabile, genera sulla sua pelle una circolazione di corrente, ovvero, un vortice (eddy) che tende a frenare il sistema, per rimetterlo in equilibrio statico;
- ✓ Il campo magnetico indotto sul metallo, si oppone al campo magnetico induttore. In pratica, i due campi si respingono, creando energia cinetica potenziale, che si esprime nelle macchine selezionatrici, in un salto (jump) del metallo indotto;
- ✓ Se il metallo che si presenta sul campo magnetico induttore è già dotato di una propria energia cinetica (cioè salta o rotola) e non è perfettamente statico, l'effetto del salto indotto può essere di molto ridotto dal sommarsi delle due energie cinetiche, indotta e propria;
- ✓ Ogni metallo attraversato da corrente elettrica si scalda, ed ancora di più e più velocemente se facciamo sì che l'energia cinetica indotta sia frenata dall'esterno, impediamo cioè al metallo indotto di saltare. In pochi minuti (dipende dal metallo) si raggiungono temperature elevate.

Continuiamo l'esempio del ns piano cottura ad induzione:

L'acqua bolle nella pentola perché è la pentola stessa a scaldarsi con le correnti Foucault. Non appena sollevate la pentola dal piano cottura, ad una distanza di 10/15 mm, o comunque ad una distanza sufficiente per non risentire più del campo induttore, la pentola e l'acqua al suo interno si raffredderanno. Viceversa, se la pentola fosse lasciata sul piano cottura e quest'ultimo non fosse dotato di un controllo di temperatura del vetro ceramico che lo ricopre e che interrompe il sistema in caso di sovratemperatura, la pentola fonderebbe. Nella stessa forma, nei ns impianti, una lattina a cui un corpo estraneo impedisce il salto (l'energia cinetica indotta), arriverebbe a temperatura di fusione in pochi minuti.

2. Effetti delle correnti indotte sui vari metalli non ferrosi

2.1 Natura del metallo Non-Fe da separare

Il metallo Non-Fe da separare, trasformerà in energia cinetica l'effetto di repulsione delle correnti di Foucault rispetto al campo magnetico che le genera. Questa trasformazione da energia magnetica ad energia cinetica avviene nei metalli Non-Fe ove è più facile che le correnti indotte possano circolare, cioè quelli a più alta conducibilità elettrica. La forza con la quale il metallo Non-Fe viene spinto in avanti, è un parametro puramente meccanico: più è leggero il metallo Non-Fe da separare, più sarà agente la forza di spinta.

Considerando i due parametri segnalati, possiamo dire che la trasformazione da energia magnetica ad energia cinetica avviene tanto meglio quanto più elevato è il rapporto tra conducibilità magnetica e peso specifico del metallo Non-Fe da separare.

Ecco alcuni valori tipici di metalli Non-Fe ed il loro rapporto di conducibilità elettrica/peso specifico:

Tra i Non Ferrosi più facilmente separabili abbiamo:

- Alluminio – Al rapporto 13.1
- Magnesio – Mg rapporto 13
- Rame – Cu rapporto 6.6
- Argento – Ag rapporto 6.5

Tra i Non Ferrosi più difficilmente separabili abbiamo:

- Zinco – Zn rapporto 2.5
- Stagno – Sn rapporto 1.2
- Piombo – Pb rapporto 0.45

Più è elevato questo rapporto, migliore e più facile sarà la separazione tramite correnti indotte (correnti di Foucault) e minore energia magnetica e frequenza saranno necessarie per la trasformazione in energia cinetica.

2.2 Pezzatura e Peso del metallo Non-Fe da eiettare

Nella separazione dei metalli Non-Fe si possono incontrare svariate tipologie di pezzature: da frazioni di qualche millimetro a pezzi di profili da 250 mm ed oltre, da corpi cavi a corpi pieni (pezzi di fusioni), da granuli di qualche grammo a pezzi di qualche kilogrammo.

Per ciascuna di queste applicazioni esiste un optimum: la macchina ideale e specifica, ciò è vero purché questi metalli Non-Fe siano omogenei nelle dimensioni nei pesi.

Non esiste macchina che possa contemporaneamente espellere dal flusso granelli di metallo Non-Fe da 2-3 mm e pezzi di motore o profili da 250 mm. E' quindi necessario dare uniformità granulometrica al metallo Non-Fe da separare e che questa uniformità sia propria anche del materiale inerte (non metallico) di processo. Ciò normalmente avviene con un'opportuna e necessaria, vagliatura a monte. Anche in questo caso, la geometria del metallo Non-Fe da separare è un dato fondamentale: sarà molto più facile separare (dare maggiore spinta) il metallo cavo che al pezzo pieno. Una lattina (33 cl) di alluminio, pesa circa 11 grammi, un nodulo (sfera \varnothing 9 mm) di Al, ha lo stesso peso. Con la macchina ottimale, la lattina riceve una spinta tale da farla cadere oltre 1,5mt dal rotore. La sfera \varnothing 9 mm di Al, con la macchina ottimale, sarà spinta a circa 150 mm dal rotore, cioè 1/10 della distanza pur avendo lo stesso peso, ma nel caso della lattina il peso è distribuito su un più grande volume.

Il rapporto peso/volume del metallo Non-Fe da separare è quindi, una componente importante: più è basso questo rapporto, maggiore sarà la spinta.

3. Frequenza ed energia delle correnti indotte, ottimizzazione

3.1 Energia dei magneti che generano le correnti di Foucault

I magneti permanenti che, posizionati e fissati al rotore magnetico, generano le correnti indotte sul metallo Non-Fe che entra nel loro campo, sono di diverse tipologie dimensionali / costruttive / prestazionali oltre che, chiaramente, di costi.

Generalmente tutti i magneti impiegati per la costruzione di queste macchine sono una composizione sinterizzata di Nd-Fe-B (Neodimio, Ferro, Boro), rifiniti superficialmente con zincatura o cromatura al fine di evitare la loro ossidazione. Al momento attuale, lo stato dell'arte nella costruzione delle macchine ad induzione prevede l'utilizzo di magneti BH 35-38-42-45-48-50, quindi con prodotto d'energia non inferiore a 33 KÖe e non superiore a 51 KÖe (263 KJ/mc ÷ 406 KJ/mc). La scelta comune ricade su BH 35, poiché copre il 70% (ed oltre) dalle casistiche presenti del settore del riciclaggio di metalli Non-Fe.

La scelta di magneti con energia (potenziale) maggiore è riservata ad una specifica richiesta del cliente o a casi molto particolari, quali:

- ✓ Separazione di metalli Non-Fe extrafini (0-3 mm);
- ✓ Separazione di metalli Non-Fe a basso rapporto conducibilità / peso specifico (vedi tabella);
- ✓ Costruzione rotor con grossi traferri e per grandi pezzature (> 200 mm);
- ✓ Separazione di poliaccoppiati a basso contenuto di Al, rispetto al peso dei materiali non metallici ad esso accoppiato (es. Tetrapack, blister, capsule caffè, etc.)

3.2 Frequenza delle correnti di Foucault

La frequenza (f) delle correnti indotte, è proporzionale al numero dei poli del rotore, o meglio alle coppie polari N – S (cp) presenti sul circuito magnetico ed alla velocità di rotazione dello stesso (V) diviso i 60 periodi (secondi) come dalla formula

$$f = \frac{V * cp}{60}$$

Lo scopo principale delle macchine ad induzione è quello di poter generare le più alte frequenze al più basso numero di giri, per salvaguardare usura e durata di tutti gli organi di movimento. Dal punto di vista puramente elettromagnetico un'alta frequenza delle correnti indotte è necessaria laddove si incontrano “casi difficili” descritti precedentemente e cioè:

Dal P1 : metalli Non-Fe a basso rapporto conducibilità elettrica / peso specifico;

Dal P2 : metalli Non-Fe e di piccole dimensioni o granuli (\varnothing 1 ÷ 3 mm, comunque < 20 mm);

Dal P3 : metalli Non-Fe ad alto rapporto peso / volume (corpi pieni – Al o Mg fusi);

Dal P3: metalli Non-Fe accoppiati ad alto materiale non metallico (tetrapack, blisters, capsule esauste).

Conclusioni

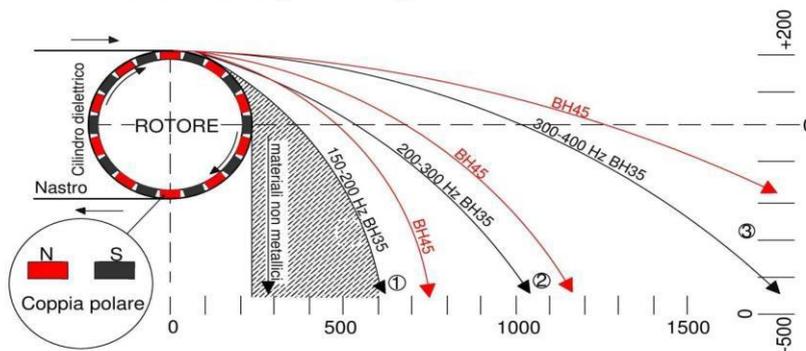
E' chiaro che una macchina ad induzione costruita con magneti permanenti BH 45 e con (per es.) n. 20 poli, avrà un costo superiore rispetto ad una macchina costruita con magneti BH 35 a 8 poli.

L'una o l'altra trovano però la loro specifica collocazione.

La tabella seguente rappresenta tre tipologie di → Al più comuni negli impianti di trattamento RU – RD (raccolta indifferenziata di urbani – raccolta differenziata) che sono:

1. Lattine;
2. Vaschette;
3. Tappi, tetrapack, capsule.

In questi ultimi periodi l'attenzione, anche tecnica, si è rivolta al possibile recupero e riciclaggio della plastica monouso. Per rendere riutilizzabile questo materiale è necessario tritarlo e macinarlo finemente. Per questo motivo anche le macchine selezionatrici devono avere prestazioni specifiche per lo scopo. Vedremo più avanti quali.



Frequenza delle correnti indotte

$$f = \frac{V * cp}{60}$$

dove:

- f = frequenza (Hz)
- V = velocità del rullo induttore (rpm)
- cp = coppie polari, numero poli/2 (n°)

1) Per ottenere una $f= 150$ Hz $V = \frac{f * 60}{cp} = \frac{150 * 60}{cp} = \frac{9000}{cp}$

- Un rotore a 8 poli deve ruotare : **2250**
- Un rotore a 10 poli deve ruotare : **1800**
- Un rotore a 14 poli deve ruotare : **1286**
- Un rotore a 20 poli deve ruotare : **900**

2) Per ottenere una $f= 300$ Hz $V = \frac{f * 60}{cp} = \frac{300 * 60}{cp} = \frac{18000}{cp}$

- Un rotore a 8 poli deve ruotare : **4500** → Velocità ipercritica
- Un rotore a 10 poli deve ruotare : **3600** → Velocità critica
- Un rotore a 14 poli deve ruotare : **2572**
- Un rotore a 20 poli deve ruotare : **1800**

3) Per ottenere un $f= 400$ Hz $V = \frac{f * 60}{cp} = \frac{400 * 60}{cp} = \frac{24000}{cp}$

- Un rotore a 8 poli deve ruotare : **6000**
- Un rotore a 10 poli deve ruotare : **4800**
- Un rotore a 14 poli deve ruotare : **3429** → Velocità critica
- Un rotore a 20 poli deve ruotare : **2400**



1



2



3

4. Separatori ad Induzione

4.1 Rullo Concentrico – Eddy Current Separators (ECS)

Come sono fatti

Apparentemente simile ad un nastro trasportatore di corto interasse, il separatore a correnti indotte è caratterizzato dalla presenza di 2 motori elettrici utili all'azionamento disgiunto del rullo posteriore e di quello anteriore.

Il rullo posteriore, definito "rullo motore", darà movimento al tappeto (che può essere in gomma, in pvc o poliuretano).

Il rullo anteriore, definito anche come "rotore magnetico", è il cuore pulsante del macchinario. Trattasi di un rullo meccanico lavorato superficialmente in modo da poter accogliere i magneti che generano il campo induttore.

I magneti vengono montati secondo un ordine ben preciso: disposti in file che si alternano per polarità (N/S/N/S) o per coppia polare (N/N/S/S). I poli sono sempre un numero pari ed intero, generalmente compreso tra 8 e 40.

All'esterno del rotore magnetico c'è un cilindro eseguito in materiale dielettrico che gira folle condotto dal tappeto ed unito ad un sistema di flange e cuscinetti, ruota insieme al tappeto stesso (azionato dal rullo motore).

Il cilindro dielettrico quindi sorregge il tappeto e permette al rotore di girare liberamente rispetto al tappeto stesso ed alla sua velocità.

Il quadro di comando è contenuto in una cassa metallica stagna a doppia porta (l'esterna trasparente) e chiusa con chiave. All'interno sono alloggiati i 2 inverter che regolano le velocità del rotore magnetico e del nastro trasportatore. Le rampe di accelerazione e frenatura sono preimpostate, così come i traguardi min e max della velocità. E' possibile visionare i parametri di funzionamento grazie ai 2 display installati in fronte quadro (uno per motore) e modificarli mediante potenziometri (velocità roteazione rulli). Spie luminose segnalano la presenza di corrente nel pannello e l'allarme. Il tutto è assolutamente di facile lettura ed intuitivo per l'operatore. Un potente PLC permette la programmazione dell'intero sistema ed attraverso una porta ethernet consente una lettura in tempo reale di tutti i parametri del sistema e la loro archiviazione (industria 4.0).

Principi di funzionamento

Così come la corrente sui poli statorici fa girare il rotore di un motore elettrico avente gli avvolgimenti in cava di polarità contraria, noi, dando movimento rotatorio all'albero del rotore magnetico, andiamo ad indurre una corrente statorica sui metalli che attraversano le linee di flusso.

Rotando ad elevata velocità, i poli N/S inducono un campo magnetico ad elevata intensità (campo induttore) che, attraversando i metalli non ferrosi, genera a sua volta un campo magnetico di pari segno (campo indotto).

Così come nei magneti permanenti le stesse polarità si respingono, così in questo caso il campo induttore respinge il campo indotto nel metallo separandolo dal restante flusso di materiale.

Maggiore è la velocità di rotazione, maggiore sarà la frequenza del campo induttore e di quello indotto e più forza di lancio sarà trasmessa al metallo non ferroso da separare.

Di contro però, la sollecitazione delle componenti d'usura (cuscinetti) risulterà notevolmente superiore. E' bene quindi individuare il corretto utilizzo del macchinario al fine di ottenere i massimi risultati con le minime usure.

Campi di applicazione

La principale finalità dei separatori a correnti indotte è la valorizzazione del materiale lavorato mediante il recupero/separazione della frazione metallica. Per questo motivo è possibile trovarli in impianti di trattamento di diverse tipologie e generi di rifiuto: multimateriale, frazione secca o organica, CDR o CSS, imballaggi in alluminio, rottame metallico, vetro (piano o cavo), legno, hdpe/ldpe/pvc/pet/abs, scorie post combustione, etc.

4.2 Rullo Concentrico – Con nastro ad incidenza variabile

Come sono fatti

Queste macchine sono essenzialmente simili alle macchine a rullo concentrico: il rotore è praticamente lo stesso. L'unica differenza costruttiva è l'inclinazione del nastro verso la testata magnetica. L'incidenza di tale inclinazione, normalmente contenuta tra i 10° ed i 20°, consente di portare il materiale di processo nell'area del campo magnetico rotante, senza subirne "l'effetto fontana" tipico della macchina con nastro piano.

Principi di funzionamento

Per intuire "l'effetto fontana" si pensi ad una macchina a rullo concentrico a nastro piano. Su questo nastro, assieme al materiale di processo (che può essere sabbia, granuli di plastica etc.) vi sono frammisti noduli di → Al da 10/15 mm, con scaglie di Al da 2/3 mm. Prima di giungere al punto di caduta del materiale di processo, le scaglie di Al (2/3 mm) più leggere, vengono lanciate in verticale, verso l'alto, formando come degli zampilli di una fontana. Esaurita l'energia cinetica che le ha spinte verso l'alto, queste scaglie ricadono nel materiale di processo e con esso vengono perse.

Il nastro ad incidenza variabile elimina questo fenomeno, ma il rotore lancia noduli e scaglie con la stessa inclinazione del nastro, quindi da 10° a 20°. Il deflettore che divide → Al eiettato dalla curva balistica di caduta del materiale di processo deve essere posizionato molto vicino al rotore (max 50mm). E' altrettanto chiaro che il materiale di processo non deve avere pezzatura > 50 mm.

4.3 Rullo Eccentrico – Eccentric Induction Separators (ER)

Come sono fatti

L'unica e sostanziale differenza tra i separatori a correnti indotte a tecnologia concentrica e quelli a tecnologia eccentrica, risiede nel rullo magnetico di testa.

Nei separatori a rullo eccentrico difatti non vi è concentricità tra l'asse di rotazione del rotore magnetico e quello del cilindro dielettrico (che lo contiene). Tale particolarità, unita alla possibilità di orientare il rullo all'interno cilindro, permette di concentrare l'intera forza del campo magnetico in un unico punto di espulsione del metallo non ferroso, ciò permette di espellere dal flusso di materiale di processo pezzature fini (2-5 mm) ed extrafini (0-2mm) per le quali il rullo concentrico ha oggettive difficoltà (effetto fontana).

La dimensione del rullo di testa, del rullo motore e del nastro sono notevolmente superiori rispetto al rullo concentrico, mentre tutti gli altri componenti sono quelli standard previsti dai vari costruttori.

Principi di funzionamento

Anche il principio di funzionamento è esattamente il medesimo del separatore a tecnologia concentrica: ruotando ad elevate velocità il rullo magnetico, sulla cui superficie sono montate le polarità alternate (in questo caso esclusivamente N/S), genera un flusso di correnti che induce nei metalli non ferrosi un campo magnetico opposto ma di pari segno, e come due magneti della stessa polarità i due flussi si respingono, facendo letteralmente saltare (eiettandola) la componente non ferrosa, lasciando cadere nella sua naturale curva balistica il materiale inerte di processo.

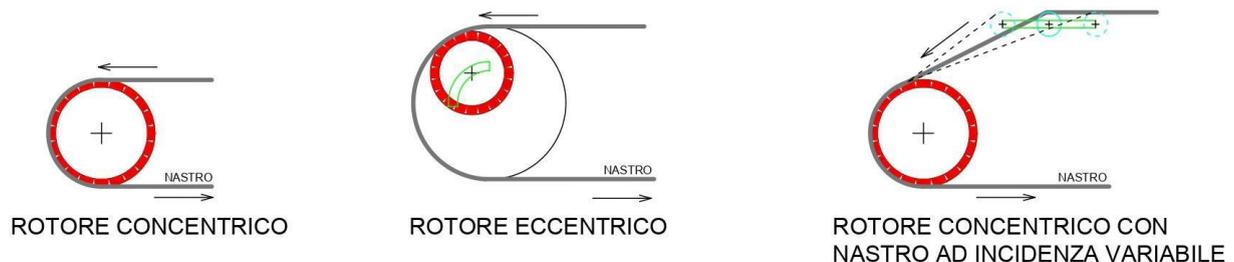
Quanto più elevata è le velocità, maggiore risulterà la forza repulsiva e più accurata sarà la separazione. Questi rotori interni al rullo di testa, avendo diametri inferiori, possono raggiungere frequenze elevate (> 1.000Hz) necessarie alla separazione di Al fine od extrafine.

Particolarità

- Il rotore può girare indifferentemente in senso orario/antiorario;
 - L'asse dell'albero del rotore eccentrico, può essere posizionato su tutti i 360° all'interno del cilindro dielettrico;
- Tali informazioni indicano che la macchina può avere i motori a destra o a sinistra, indifferentemente (lo decide il layout del Cliente).
- Il sistema a rotore eccentrico può essere montato su telai di tutti i separatori a correnti indotte anche in un'ottica di sostituzione del rullo concentrico (e viceversa);
 - Il sistema di posizionamento dell'asse del rullo eccentrico è continuo (non a step di 10°);

Campi di applicazione

Questa tipologia di separatori è particolarmente indicata per il trattamento di materiali di piccole dimensioni (pezzatura < 10mm), trovando largo impiego in impianti di pulizia e recupero del macinato plastico come hdpe, ldpe, pet, pvc, abs, etc.



6. Applicazioni in Impianto

Nelle varie tipologie d'impianto che andremo ad analizzare l'AL estratto può essere classificato come:

A = **Molto buono**, presenza di corpi estranei < 3%, scarsa presenza di altri metalli non-ferrosi.

Rendimento di rifusione 55÷60%

B = **Buono**, presenza di corpi estranei < 3%, presenza di altri metalli non-ferrosi (zama, ottone, bronzo, piombo). Rendimento di rifusione 50÷55%

C = **Scadente**, presenza di corpi estranei > 3%, presenza di altri metalli non ferrosi, presenza di film e poliaccoppiati (blister, tetrapack, buste caffè). Rendimento di rifusione 35÷45%.

D = **Pessimo**, presenza di corpi estranei > 3%, presenza di altri metalli non-ferrosi, presenza di tracce del materiale di processo. Rendimento di rifusione 25÷35%.

Prima della rifusione, le classi C e D necessitano di un ulteriore passaggio in forno pirolitico o selezionatrice a raggi X, che da una parte aumenta la resa di rifusione, ma dall'altra, sottraggono peso all'insieme del materiale conferito e producono costi e residui aggiuntivi da smaltire.

6.1 Raccolta indifferenziata, TMB e simili

In generale questi impianti sono finalizzati a produrre combustibile solido derivato dai rifiuti domestici e/o industriali. Il combustibile prodotto CER 19 12 10, può essere utilizzato per produrre energia elettrica partendo dal calore generato dalla combustione. I forni dei termovalorizzatori impiegano generalmente 2 tecnologie.

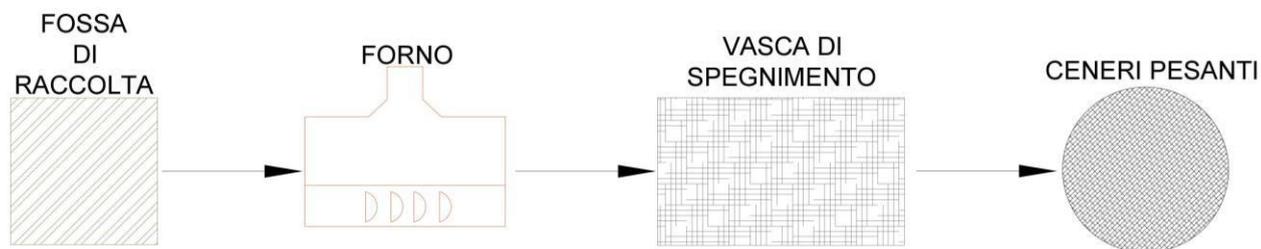
↗ A griglia mobile;

↗ A letto fluido.

Non ci interessa in questa sede approfondire le differenti tecnologie ma esaminare come si passi dal rifiuto al combustibile, considerando il ns scopo: il recupero dei metalli.

Il forno a griglia non richiede particolari trattamenti del rifiuto prima d'essere immesso a bocca di forno. Alcuni tecnici propugnano una triturazione primaria (250÷300 mm) per uniformare dimensionalmente il materiale immesso e per evitare che nelle ceneri risultanti vi siano ancora pezzi incombusti.

Lo schema tipico di un termovalorizzatore a griglia.



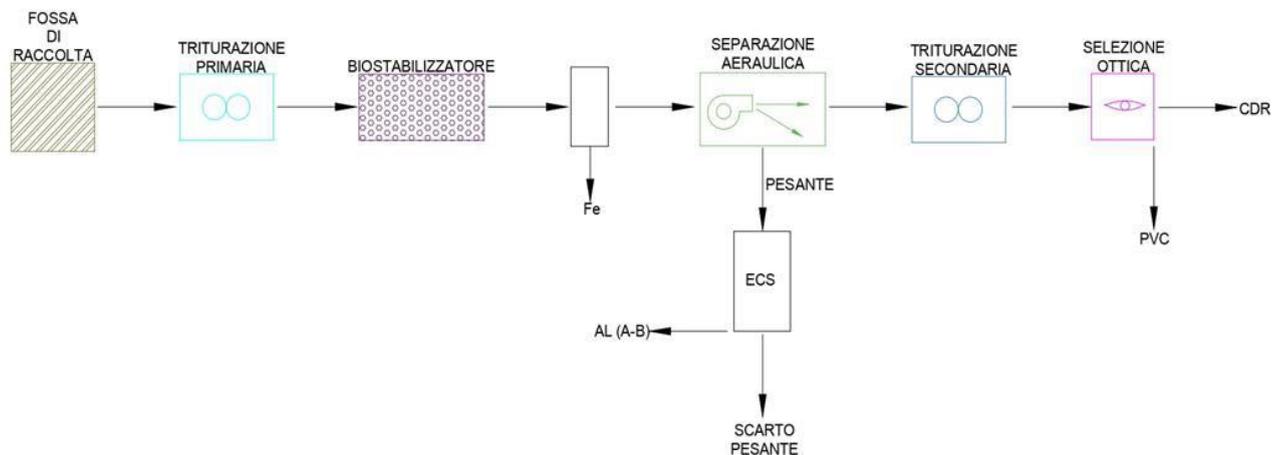
(*) Da questo punto si differenziano 2 filosofie progettuali e gestionali:

- 1°) Si conferiscono le ceneri pesanti presso un impianto realizzato allo scopo di poterne lavorare 300/400 t/giorno, asservendo quindi diversi termovalorizzatori e rendendone più economica la lavorazione;
- 2°) Si prosegue con la linea scorie, estraendone i metalli Fe e Non-Fe, per conferire poi all'impianto di inertizzazione un cumulo più leggero.

Il trattamento delle scorie e ceneri pesanti CER 10 01 15, sarà trattato nel capitolo 7

Il forno a letto fluido richiede una preparazione più accurata del combustibile. Esso infatti, deve essere stabilizzato nella sua componente biologica (rifiuti di natura organica). Deve perciò "maturare" per un periodo di 18÷25 gg in un ambiente che gli consenta, attraverso digestione aerobica, di perdere gran parte della sua umidità, incrementando di pari passo il suo potere calorifero. In questa fase il materiale, subisce una triturazione primaria atta a portare le dimensioni a 250÷300 mm. Successivamente il materiale passa a tritutori raffinatori, normalmente con griglia da Ø70 a Ø120 mm. In questa fase è possibile estrarre del metallo di buona qualità.

Vedasi schema.



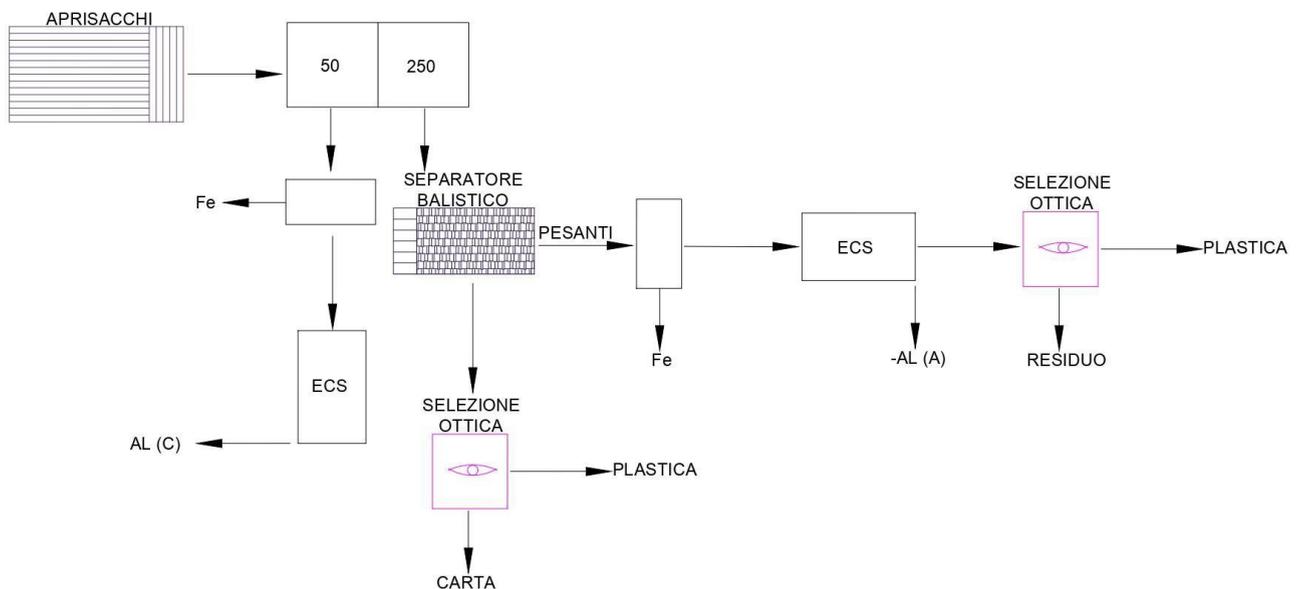
I forni di cementeria, utilizzano il combustibile solido derivante dai rifiuti, normalmente in pezzatura più piccola 30÷70 mm e soprattutto priva di PVC non essendo attrezzati con postcombustori e sistema di abbattimento che invece hanno tutti i termovalorizzatori. Anche in questo caso, i metalli sono estratti nell’impianto di produzione a valle del separatore acaulico, mentre in linea subito a monte o subito a valle dei raffinatori (dipende dalle pezzature) viene posta una macchina ottica per l’espulsione del PVC.

6.2 Raccolta differenziata, multimateriale leggero

L'impianto si caratterizza per l'accurata resa nella separazione dei vari materiali presenti nel flusso, normalmente composto da plastica (in forma di bottiglie, vaschette, shopper, film), ferro (in forma di lattine, coperchi, tappi corona, latte di grosse dimensioni); alluminio (presente in forma di lattine, vaschette, tubi, foglio). L'impianto si caratterizza per l'impiego di una cernita manuale (manual picking) non ancora convenientemente eliminabile dal ciclo.

Vedi schema.

MULTIMATERIALE LEGGERO



L'Al recuperato con tale sistema è assolutamente in classe A del ns punto 6 ed è di gran lunga il metallo migliore che la fonderia si aspetti.

NB: Al posto della cernita manuale possono essere usate delle macchine ottiche per la selezione della plastica, ma la filosofia dell'impianto resta la stessa.

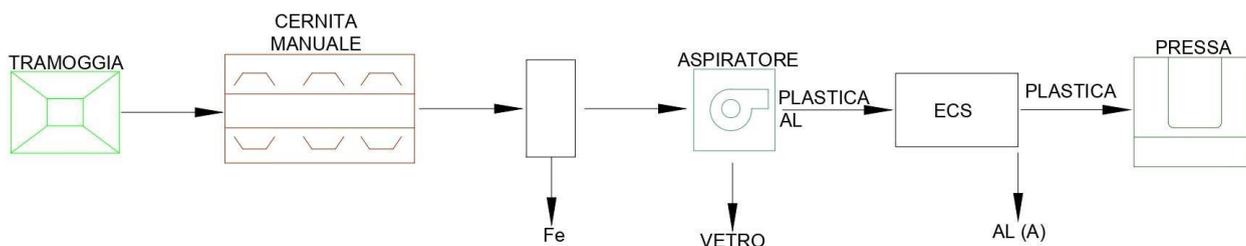
In alcuni impianti dello stesso genere è installato un separatore ECS sul sottovaglio, il passante da un foro Ø50 e 55mm. Trattasi di recuperare materiali di classe C (tappi Al, capsule caffè, linguette, etc.). Visto il costo di queste macchine, l'installazione di ECS sulla frazione sottovaglio si giustifica economicamente solo su impianti di grande portata (> 7 Ton/h in entrata).

6.3 Raccolta differenziata, multimateriale pesante

L'impianto di questo tipo si differenzia dal precedente (multimateriale leggero) per la presenza del vetro. In genere COREVE propugna la raccolta del monomateriale del vetro, essendo i basso fondenti quali Al-Cu-Bs-Fb molto dannosi per i loro forni fusori e per la qualità del materiale prodotto. Ed anche per la buona qualità del Al rifuso non è la migliore situazione: nei forni fusori l'Al fonde a 800°C, il vetro precipita sul fondo e mantiene la sua dimensione e consistenza.

Avendo una netta differenza di peso specifico, il materiale più pesante (il vetro) rimane come parte residuale dopo una corretta separazione aeraulica (aspirazione). A valle di questa fase, il materiale di processo diventa un multimateriale leggero, con la particolarità che piccole frazioni di vetro possono essere commiste a plastica o alluminio. La raccolta di questo tipo avviene normalmente in campane o cassonetti, l'aprisacchi non è utile o è addirittura dannoso.

Vedi schema.

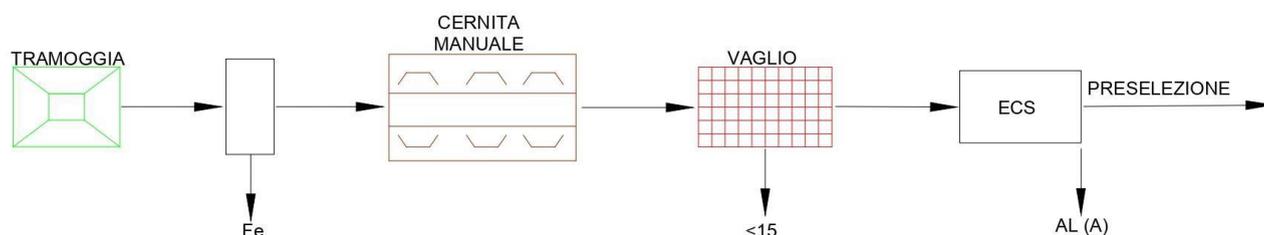


6.4 Preselezione del vetro e preparazione del Pronto Forno

Negli impianti di riciclaggio di vetro cavo (bottiglie, vasetti, bicchieri etc.) vi sono due fasi distinte spesso ubicate nella stessa area, ma alcune volte distanti tra loro, addirittura in regioni diverse. Quando la quantità di vetro cavo è bassa, tale da non giustificare i notevoli costi di un impianto per pronto forno, l'imprenditore si limita, giustamente, alla prima fase: la preselezione.

Questa prima fase, ha lo scopo di concentrare la quantità (non la qualità) di vetro cavo da passare alla successiva lavorazione, che come scopo, invece, ha la qualità. Nelle varie tipologie di raccolte (campane-cassonetti porta a porta) il vetro spesso arriva ad essere il 70% in peso, ma solo il 40% in volume. Volume rappresentato da barattolame in Fe e Al, vaschette, vetro retinato (lastre piane di vetro con retina interna fatta di fili di Fe più o meno fitti), legno, tessile, ceramica (piatti / tazzine), piccoli elettrodomestici, ma anche televisori!. Questi materiali estranei, devono essere estratti dal flusso.

Vedi schema.

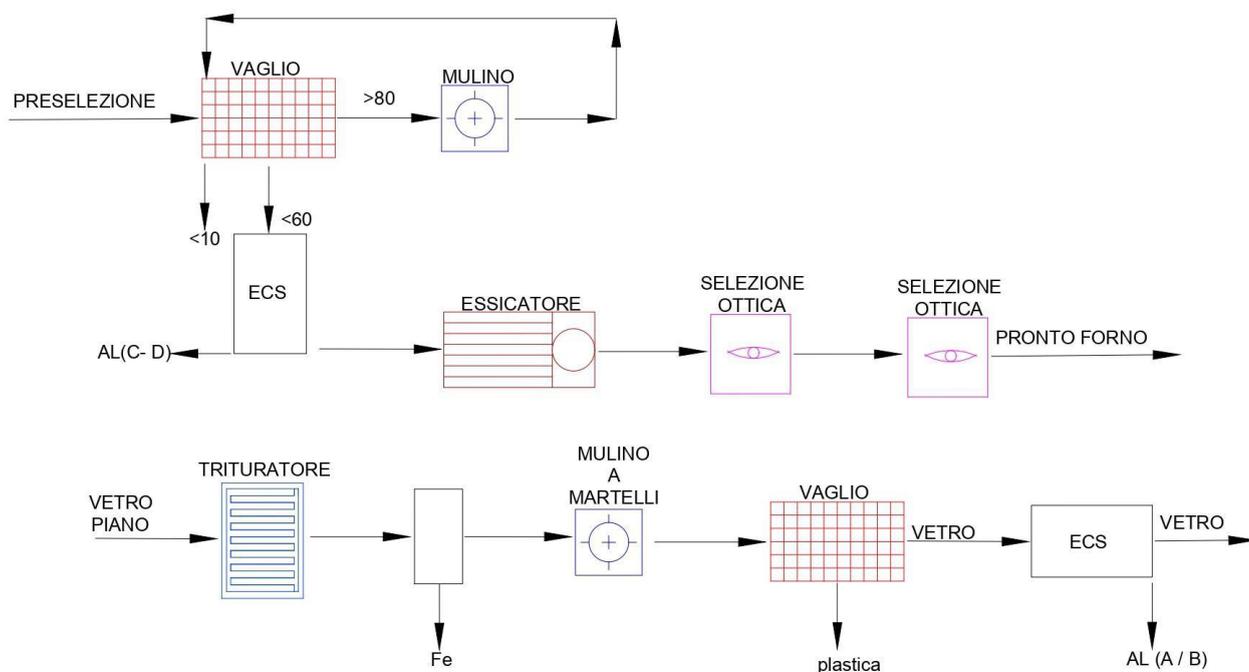


Per quanto riguarda il ns materiale (Al) dalla linea esce un Classe A, mentre dal sottovaglio (non sempre presente) esce una Classe C, essendo in gran parte tappi, linguette, coperchi etc. Il materiale così depurato viene passato all'impianto di preparazione del pronto forno, da consegnare alle vetrerie.

Nell'impianto pronto forno, il vetro viene macinato, portata alla pezzatura di capitolato ed accettato dalle vetrerie. In questa fase di riduzione dimensionale, si libera ancora del materiale metallico che prima, nella pezzatura superiore, era insito e/o adeso al vetro. Si pensi ad esempio agli anellini dei tappi di Al che rimangono sul collo delle bottiglie, ai tappi corona ancora attaccati al collo, alle gabbiette degli spumanti etc.

Il separatore ECS, in questo caso, è assolutamente necessario per qualificare il materiale di processo, essendo stringenti i limiti imposti dalle vetrerie. Da questo tipo di impianto si possono ottenere ancora grandi quantità di metallo, ma di scarsa resa, classe C e D.

Un discorso a parte dee essere fatto per il vetro piano, derivante dalla demolizione di autoveicoli esausti o di serramenti. L'impiantistica per questo tipo di vetro è totalmente diversa, così come anche la quantità. Per questo, chi ha un impianto di preselezione, spesso ha (separatamente) anche un mini-impianto per il vetro piano. Da questa impiantistica si può ricavare un buon Al, classe A e B, derivante da cornici di telai facendo attenzione alla presenza di gomma adesiva, nei profili a taglio termico dei serramenti. La quantità d'impianti e di materiali di tal genere inviati al riciclo non è ancora così elevata, ma l'Al recuperato è di buona qualità.



6.5 Raccolta differenziata plastica bottiglie PET, film, plastica rigida

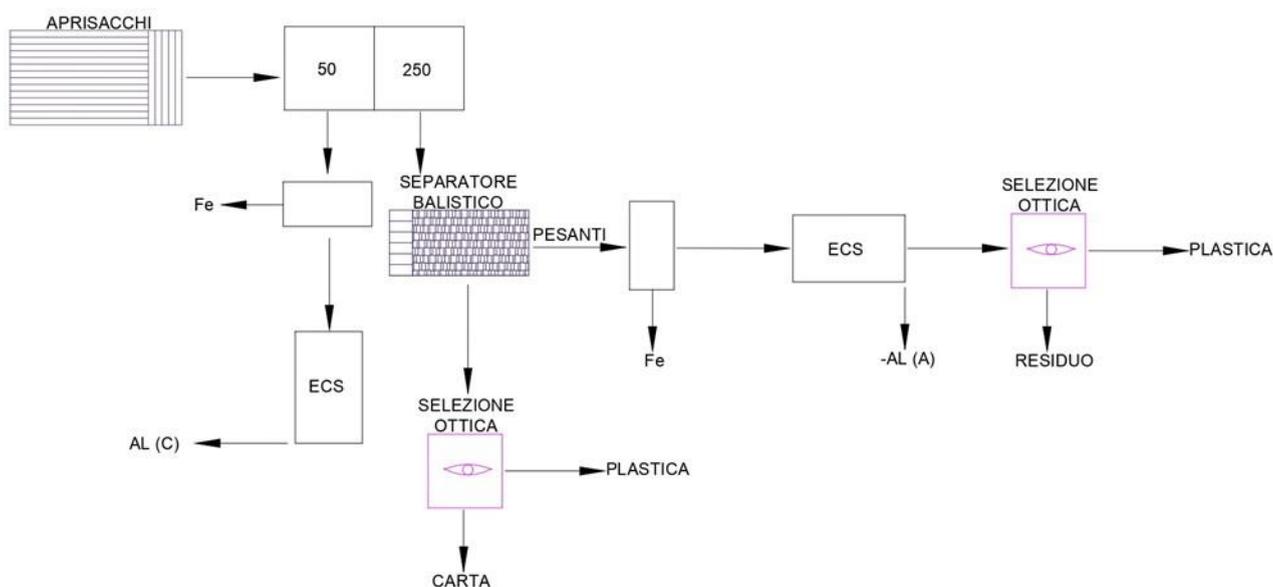
Questo tipo di impianto è paragonabile al multimateriale leggero (punto 2). La sostanziale difformità è che in questo caso le portate sono generalmente molto elevate (> 200 mc/h in entrata) e la presenza del metallo Fe e Non-Fe è casuale, sporadico, ma ciò dipende dal bacino d'utenza che conferisce ad un impianto di tali dimensioni, poiché può succedere che non in tutti i comuni vi sia lo stesso tipo di raccolta. L'impiantistica tipica è qui sotto schematizzata:

L'alluminio recuperato in linea è molto buono, Classe A.

L'alluminio recuperato nel flusso sottovaglio è meno buono, Classe C.

Le quantità annuali, in genere, non sono percentualmente elevate, ma vista la gran quantità di plastica trattata da quasi impianti, in termini assoluti, sono impianti da attenzionare sicuramente.

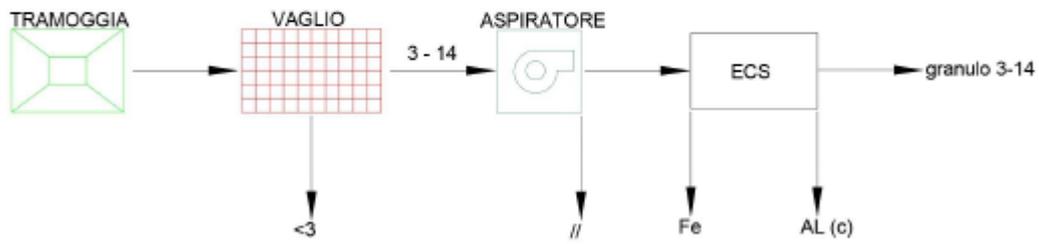
MULTIMATERIALE LEGGERO



Plastica rigida PP-HDPE.

Negli impianti di riciclaggio di questi materiali, i metalli Fe e Non-Fe sono presenti, ma non in percentuali interessanti se si considera che gli impianti di più grossa consistenza possono estrarre 10/12 T/anno di Non-Fe Classe C. Raccogliendo 8/10 di questi impianti, facendo confluire il materiale presso una raffineria (selezione raggi x / flottazione), si possono ottenere buoni risultati: è un mix di Non-Fe particolarmente ricco di ottone.

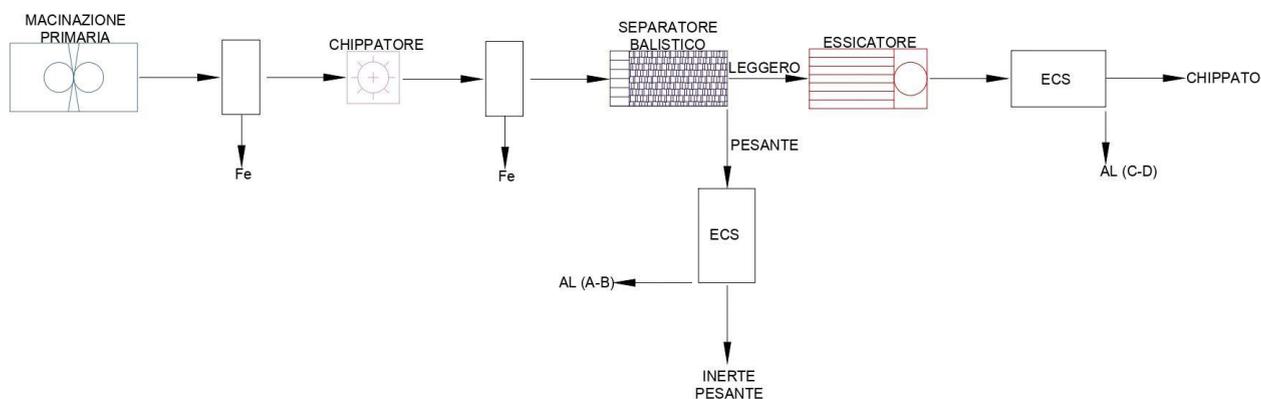
PLASTICA RIGIDA



6.6 Raccolta differenziata legno ed ingombranti

Il riutilizzo di un materiale naturale come il legno è normalmente rivolto verso la costruzione di altri manufatti (pannelli truciolari) o a sfruttare le caratteristiche calorifero (pellets). Il legno di riciclo di maggior qualità viene impiegato nel primo caso, i cascami di questa operazione, ed in genere, il legno di qualità inferiore, vengono utilizzati per la seconda, nella quale, non vi sono ne metalli di ns interesse; ne volumi tali da giustificare altro che un semplice separatore per il Fe. Il ns interesse, vista la qualità del legno e la quantità del flusso del riciclato, dovrebbe concentrarsi sulla produzione di pannello truciolari. L'impianto tipo essenziale è qui sotto raffigurato.

La macchina selezionatrice ECS, messa in linea sul materiale chippato, a valle dei pulitori (separatori balistici) ha il compito di qualificare il materiale di processo, il legno e verrà quindi tarato a tale scopo. Il metallo Non-Fe recuperato sarà di Classe C, essendo frammisto ad una quantità di legno. Dovrà essere ripassato su una macchina ECS dedicata allo scopo di separare metallo pulito. Nel pesante scaricato dai separatori balistici ci sarà presenza di inerti lapidei (sassi, mattoni, etc.), metalli (alluminio, ottone, rame etc,) , vetro, plastica pesante etc. In questo flusso si può trovare il metallo Non-Fe di classe A, molto buono, anche se in quantità non rilevante.

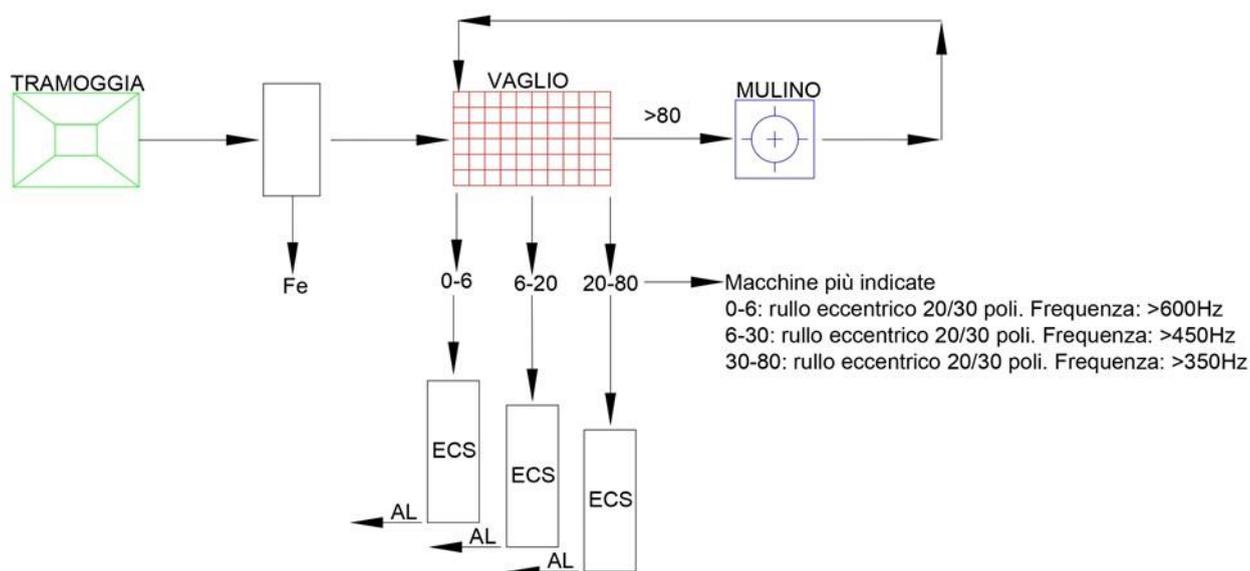


7. Valorizzare ceneri pesanti da Termovalorizzatori

Nei termovalorizzatori con forno a griglia le ceneri pesanti sono il residuo della combustione CER 10 01 15, assieme alle ceneri leggere che sono presenti nei fumi e che esulano del nostro argomento. Le ceneri pesanti rappresentano circa $\frac{1}{4}$ in peso del materiale immesso a bocca di forno. Le ceneri in uscita dalla griglia del bruciatore devono essere spente e raffreddate. Per questa operazione, in genere, si usa farle cadere in una vasca con acqua, al fondo della quale un nastro redler o simile le estrae per metterle a parco. Mettendole a parco sotto tetto, esse perdono parte dell'umidità creata nella fase di spegnimento, questa fase di maturazione può durare qualche giorno in estate, qualche settimana in inverno. Quando il grado d'umidità scende al 25% ÷ 30%, esse possono essere riprese e più facilmente lavorate. In alcuni paesi europei (Francia), le ceneri vengono fatte "maturare" all'aperto per circa 90 giorni, raccogliendo e convogliando le acque piovane in un apposito decantatore/depuratore.

Nel ns paese i termovalorizzatori sono mediamente di taglia medio-piccola e quindi producono ceneri in quantità non sufficiente a giustificare un impianto di trattamento. Per questo motivo sono nati impianti che raccolgono le ceneri di 4-5 o più termovalorizzatori, per poterle convenientemente lavorare.

Lo schema tipico di uno di questi impianti, in grado di processare almeno 20-30 t/h di ceneri.

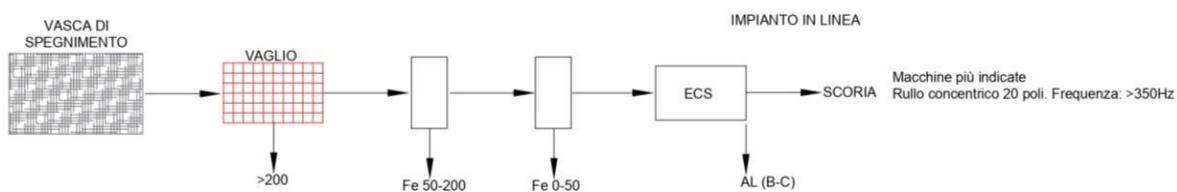


I metalli recuperati da questo tipo di impianto sono sicuramente di buon livello (Classe A). I metalli non ferrosi in particolare: il pentolame si presenta senza plastiche, vaschette e lattine assumono forme di placchette e noduli. In generale il metallo non ferroso così estratto è privo di commistioni con altri

materiali essendo passato su una camera a 900-1000 °C. Molto alluminio e di ottima qualità (Classe A) si trova anche sulle griglie del forno, che periodicamente devono essere discrostate.

Le società di gestione dei termovalorizzatori, pagano per lo smaltimento delle ceneri ed è per questo motivo che alcuni di essi mettono in linea le macchine selezionatrici dei metalli Fe e Non-Fe. Lo scopo è quello di recuperare questi metalli che hanno un proprio valore intrinseco e contemporaneamente ridurre il peso (e quindi il costo) delle scorie da smaltire.

L'impianto con le selezionatrici in linea si configura così come sotto.



Il metallo Fe e Non-Fe non può raggiungere altissimi livelli qualitativi poiché è estratto da ceneri umide, simile ad un fango, sarà infatti in Classe C ma operando in linea si raggiunge la fonte del metallo, che negli impianti esterni di trattamento scorie, invece, prenderebbe presumibilmente altre strade.

L'evoluzione tecnica degli impianti in linea porterà in futuro dei decisi miglioramenti nella qualità del metallo recuperato, quando e se il mercato apprezzerà la qualità, come fattore premiante sul prezzo. Ci sono già prospetti e prototipi atti ad implementare questo aspetto.

8. Conclusioni, Breve riassunto

Per le varie tipologie di materiali a base del processo e per le varie tipologie d'impianti destinati al loro trattamento, diamo qui di seguito un breve sunto parametrato sul ns scopo, accennato all'inizio di questa guida: estrarre metalli Fe e Non-Fe nella quantità e qualità maggiore possibile.

Le indicazioni qui di seguito riportate sono puramente improntate al migliore rendimento per il raggiungimento del ns scopo, sono cioè prive di valutazioni tecnico/costruttive con le quali i vari produttori di ECS (Eddy Current Separators) costruiscono le proprie macchine. Sono anche escluse le valutazioni economiche delle varie macchine ECS e dei motivi per i quali alcuni impianti optano per l'una o per l'altra marca. Noi ci limitiamo a dare semplici indicazioni su quella che dovrebbe essere la scelta ideale per il raggiungimento del ns scopo.

Punto 6.1 CDR (RDF)

- Macchina ideale: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 350/400 Hz, magneti N35, velocità rotore 2000/2400 rpm.

Punto 6.2 Multileggero

- Frazione < 50 mm: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 400/450 Hz, magneti N45, velocità rotore 2500/2700 rpm.
- Frazione pesante < 250 mm: Rotore concentrico, 16/24 Poli, frequenza 260/350 Hz, magneti N35, velocità rotore 2000/2500 rpm.

Punto 6.3 Multi pesante

- Macchina ideale: Rotore concentrico, 16/20 Poli, frequenza 250/300 Hz, magneti N35, velocità rotore 1900/2200 rpm.

Punto 6.4 Preselezione Vetro

- Macchina ideale: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 350/400 Hz, magneti N35, velocità rotore 2000/2400 rpm.

Punto 6.4 Pronto Forno

- Frazione < 60: Rotore concentrico, 20/30 Poli, frequenza 500/600 Hz, magneti N45, velocità rotore 2600/3200 rpm;

- Vetro piano: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 400/450 Hz, magneti N45, velocità rotore 2500/2700 rpm.

Punto 6.5 Plastica bottiglia / Plastica rigida

- Frazione < 50 mm: Rotore concentrico, 20/30 Poli, frequenza 500/600 Hz, magneti N45, velocità rotore 2600/3200 rpm;
- Frazione > 50 mm: Rotore concentrico 16/24 Poli, frequenza 260/350 Hz, magneti N35, velocità rotore 2000/2500 rpm;
- Plastica rigida: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 500/600 Hz, magneti N45, velocità rotore 2800/3200 rpm.

Punto 6.6 RD Legno / Ingombranti

- Macchina ideale: Rullo concentrico, 20/24 Poli, frequenza 350/400 Hz, magneti N45, velocità rotore 2000/2500 rpm.

Punto 7 Ceneri pesanti, Scorie da combustione

- Impianto Fisso, frazione 0-6 mm : Rotore eccentrico, 16/24 Poli, frequenza 500/600 Hz, magneti N45, velocità rotore 2800/3200 rpm;
- Impianto Fisso, frazione 6-20 mm: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 350/400 Hz, magneti N45, velocità rotore 2100/2500 rpm;
- Impianto Fisso, frazione 20-80 mm: Rotore concentrico, frequenza 300/350 Hz, magneti N45, velocità rotore 2000/2400 rpm;
- Impianto in Linea: Rotore concentrico, 20/24 Poli, frequenza 350/400 Hz, magneti N35, velocità rotore 2000/2400 rpm.

Ricordiamo ai lettori di questa guida che non tutti i costruttori d'impianti utilizzano le "macchine ideali" e che non tutti i costruttori di macchine ECS sono in grado di produrre secondo le esperienze che avete letto pocanzi, se avete avuto la pazienza di leggere fin qui.